

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Уральский государственный педагогический университет»  
Институт математики, информатики и информационных технологий  
Кафедра информационно-коммуникационных технологий в образовании

# СЕТЬ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА

*Выпускная квалификационная работа  
бакалавра по направлению подготовки  
09.03.02 – Информационные системы и технологии*

Исполнитель: студент группы БС-41z  
Института математики, информатики и ИТ  
Купцов М.Е.

Руководитель: к.п.н., доцент кафедры ИКТО  
Стариченко Е.Б.

Работа допущена к защите  
«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Екатеринбург – 2016

## Реферат

Купцов М.Е. СЕТЬ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ВЕРХНЕГО УРОВНЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА, выпускная квалификационная работа: 42 стр., рис. 6, табл. 4, библи. 21 назв., приложений 1.

*Ключевые слова:* СЕТЬ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ, АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПД, РЕАЛИЗАЦИЯ СПД, АСУ ТП.

*Объект разработки* – СПД для АСУ ТП водогрейного котла.

*Цель работы* – проект СПД верхнего уровня для АСУ ТП водогрейного котла ПТВМ-100.

## Оглавление

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИКО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....</b>	<b>5</b>
1.1 АСУ ТП «АМАКС» для котлов ПТВМ-100.....	5
1.2 СПД для верхнего уровня ПТК «АМАКС».....	1
<b>DEFINED.5</b>	
1.3 ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ .....	18
<b>ГЛАВА 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ (ОРИГИНАЛЬНАЯ) ЧАСТЬ.....</b>	<b>26</b>
2.1 РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА СЕТИ .....	26
2.2 ЭТАПЫ УСТАНОВКИ СЕТИ.....	32
2.3 ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ И ОХРАНА ТРУДА .....	35
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>39</b>
<b>СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>	<b>40</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>42</b>
Приложение 1. ....	42

## **Введение**

Сети передачи данных являются одним из основных элементов для современных АСУ ТП. Появление промышленных коммуникационных протоколов положило начало внедрению территориально распределенных систем управления, способных охватить множество технологических установок. Сегодня сфера промышленных коммуникаций стремительно развиваются: известно более 40 стандартов коммуникационных сетей, адаптированных для промышленного применения, постоянно появляются новые технологии передачи данных. Это не удивительно, ведь именно коммуникационные сети в большей степени определяют качество, надежность и функциональные возможности АСУ ТП в целом.

Сети передачи данных, используемые в современных АСУ ТП, можно условно разделить на два класса:

1. Полевые шины (Field Buses);
2. Сети верхнего уровня (операторского уровня, Terminal Buses).

И если первые, несмотря на разнообразие применяемых стандартов, поставляются в неизменной форме продиктованной техническими решениями производителя, применёнными к разработке АСУ ТП, то вторые чаще всего базируются на стандарте Ethernet (IEEE 802.3) или на его более быстрых вариантах Fast Ethernet, Gigabit, и представляют собой тривиальную ЛВС, очень похожую на обычные ЛВС, применяемые в офисных приложениях. Обычно производители АСУ ТП не имеют каких-либо жёстких правил построения сетей верхнего уровня и оставляют детали на усмотрение заказчика.

Данная работа представляет собой проект сети передачи данных для АСУ ТП производства ЗАО НПО «АМАКС» водогрейных котлов ПТВМ-100, проходящих реконструкцию на ТЭЦ АО «Уралвагонзавод». В ней на конкретном примере будет показана специфика построения сети для АСУ ТП.

## **Глава 1. Теоретико-аналитическая часть.**

### **1.1 АСУ ТП «АМАКС» для котлов ПТВМ-100.**

#### **1.1.1 Общие сведения об АСУ ТП.**

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом. В зависимости от объекта автоматизации, производителя и требований заказчика АСУ ТП могут иметь самые разные функции. От простого вывода на экран монитора данных о текущем состоянии объекта, до сложных систем управления объектом, осуществляющим свои функции с помощью заранее заданных алгоритмов.

В общем случае функции АСУ ТП можно разделить на три категории: информационные, управляющие и вспомогательные. К информационным относят такие функции АСУ ТП как сбор, хранение и обработка информации от датчиков и управляемых устройств, представление её в удобном для оператора виде, ввод информации в систему оператором, обмен данными внутри системы и обмен данными со смежными и вышестоящими системами, всевозможные расчёты, сигнализация, формирование отчётов.

К управляющим функциям относят функции пуск и останов технологического агрегата, выбор режима функционирования, регулирование технологических параметров, логико-алгоритмическое управление технологическим оборудованием, выдача рекомендаций по управлению.

Вспомогательные функции АСУ ТП состоят в контроле функционирования технических и программных средств самой системы автоматизации. Контроллеры, станции распределенной периферии, панели оператора, инженерные станции, SCADA системы имеют в своем составе развитые средства диагностики.

АСУ ТП состоит из следующих обеспечивающих систем:

- **Техническое обеспечение**, которое включает вычислительные и управляющие устройства, средства получения информации (датчики),

средства преобразования, хранения, отображения и регистрации информации, устройства передачи сигналов и исполнительные устройства;

- **Программное обеспечение**, состоящее из совокупности программ, необходимых для реализации функций АСУТП и обеспечения заданного функционирования комплексатехническихсредств;
- **Информационное обеспечение** включает информацию, характеризующую состояние системы управления, системы классификации и кодирования технологической и технико-экономической информации, массивы данных и документов, необходимых для выполнения функций АСУТП, в том числе нормативно-справочную информацию;
- **Организационное обеспечение** представляет собой совокупность описаний функциональных, технических и организационных структур, а также инструкций для оперативного персонала; данная совокупность должна обеспечить надлежащее функционирование перечисленных структур;
- **Оперативный персонал** - это технологи-операторы, осуществляющие контроль за управлением системы;
- **Эксплуатационный персонал** – это персонал, обеспечивающий эксплуатацию системы.

Каждую АСУ ТП можно условно разделить на три уровня:

**Нижний уровень.** Уровень оборудования (входов/выходов- Input/Output-level). Это уровень датчиков (sensors), измерительных устройств, контролируемых управляемых параметров, а также исполнительных устройств (actuators), воздействующих на эти параметры, для приведения их в соответствие с заданием. На этом уровне осуществляется согласование сигналов датчиков с входами устройства управления, а вырабатываемых команд с исполнительными устройствами.

**Средний уровень.** Уровень управления оборудованием (Control level). Это уровень контроллеров (ПЛК-PLC, Programable Logic Controller). ПЛК получает информацию с контрольно-измерительного оборудования и датчиков о состоянии технологического процесса и выдает команды управления, в

соответствии с запрограммированным алгоритмом управления, на исполнительные механизмы.

**Верхний уровень.** Уровень промышленного сервера, сетевого оборудования, уровень операторских и диспетчерских станций. На этом уровне идет контроль хода производства: обеспечивается связь с нижними уровнями, откуда осуществляется сбор данных, визуализация и диспетчеризация (мониторинг) хода технологического процесса. Это уровень HMI, SCADA. На этом уровне задействован человек, т.е. оператор (диспетчер). Он осуществляет локальный контроль технологического оборудования через так называемый человеко-машинный интерфейс (HMI - Human Machine Interface). К нему относятся: мониторы, графические панели, которые устанавливаются локально на пультах управления и шкафах автоматики. Для лучшего контроля над распределенной системой машин, механизмов и агрегатов применяется SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition - диспетчерское управление и сбор данных) система. Эта система представляет собой программное обеспечение, которое настраивается и устанавливается на диспетчерских компьютерах. Она обеспечивает сбор, архивацию, визуализацию, важнейших данных от ПЛК. При получении данных система самостоятельно сравнивает их с заданными значениями управляемых объектов (уставками) и при отклонении от задания уведомляет оператора с помощью тревог (Alarms), позволяя ему предпринять необходимые действия. При этом система записывает все происходящее, включая действия оператора, обеспечивая контроль действий оператора в случае аварии или другой нештатной ситуации. Таким образом, обеспечивается персональная ответственность управляющего оператора.

Большинство фирм-производителей АСУ ТП не поставляют устройства КИП, и, фактически, определяют АСУ ТП как двухуровневые. В своих документах уровень управления оборудованием (УСО, контроллеры и их

технические программы) они называют нижним, а уровень сетевого оборудования и программного обеспечения SCADA – верхним.

### **1.1.2 АСУ ТП «АМАКС» для водогрейного котла ПТВМ-100.**

Котлы ПТВМ-100 ст. №1..3, являются водогрейными котлами, работающими под естественной тягой и оснащенными 16-ю смесительными горелками. Подача воздуха к горелкам осуществляется индивидуальными вентиляторами.

Горелки котла разделены на четыре группы. Группа горелок состоит из одной растопочной горелки и трех основных горелок. Растопочная горелка оснащена датчиком контроля запальника и факела, защитно-запальным устройством (ЗЗУ). Основные горелки воспламеняются от растопочной горелки. Контроль факела основных горелок ведется по растопочной горелке. См. рис. 1

АСУ ТП производства ЗАО НПО «АМАКС» для водогрейного котла ПТВМ-100 ст. №1..3 (далее ПТК «АМАКС») выполнена на основе микропроцессорной техники и построена по двухуровневому принципу. Структурная схема ПТК «АМАКС» представлена на рис.2.

**Нижний уровень** (собственно АСУ ПТВМ) предназначен для розжига, безопасной работы и останова горелок, управления общекотловыми технологическими параметрами и выполнения защитных функций в соответствии с требованиями нормативных документов.

**Верхний уровень** (автоматизированное рабочее место оператора) предназначен для отображения поступающих данных на мнемосхемах и графиках; передачи команд оператора системе управления нижнего уровня; регистрации и архивации текущих событий (что позволяет исключить комплект самопишущих регистраторов). С одного рабочего места оператора может управляться до четырех котлов.



### **Состав системы управления.**

Система управления **нижнего уровня** состоит из следующих элементов:

БГ – 10. Блок газооборудования обеспечивает подачу газа на группу горелок и прекращение подачи в случае возникновения аварийной ситуации.

ШГУ-ПТ1. Устройство связи с объектом. Обеспечивает сбор дискретной и аналоговой информации с горелочного оборудования, преобразование и передачу ее на центральный шкаф управления котлом (ШУК). Обеспечивает прием команд от шкафа управления ШУК и распределение их на арматуру газового блока.

ШУК. Шкаф управления котлом – обеспечивает автоматическое выполнение следующих функций:

- вентиляция топки;
- проверка герметичности газовых блоков;
- розжиг растопочных и основных горелок;
- поддержания заданного давления в общем газопроводе котла;
- аварийная и предупредительная сигнализация;
- защита по общекотловым и локальным параметрам безопасности с указанием первопричин останова;
- связь и передача данных на компьютер верхнего уровня управления.

Система управления **верхнего уровня** состоит из следующих элементов:

Персональный компьютер. Два системных блока и два монитора образуют резервируемую систему отображению, управления и регистрации.

Функциональная клавиатура. Специально разработанная клавиатура управления, подключается к системному блоку.

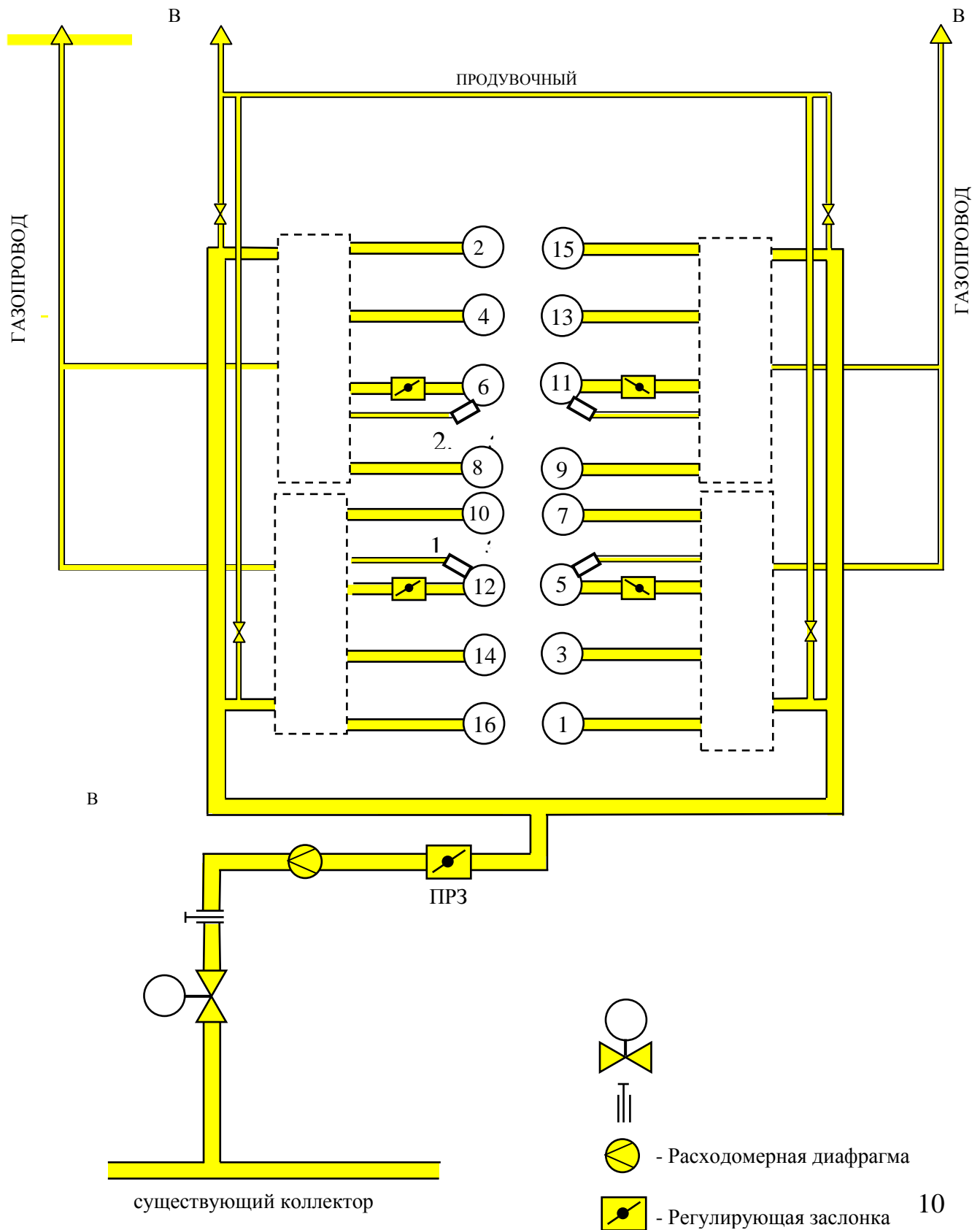
Конвертер CP6440. Блок преобразующий интерфейс RS-485 в USB.

Принтер. Печатающее устройство для вывода графиков и таблиц данных на печать.

Предусмотрены следующие варианты работы системы управления:

ВАРИАНТ №1 (основной) – автоматический розжиг и управление котлом с функциональной клавиатуры АРМ оператора и со шкафа ШУК;

ВАРИАНТ №2 – дистанционный розжиг горелок с панели и пульта шкафа ШГУ-ПТ1.



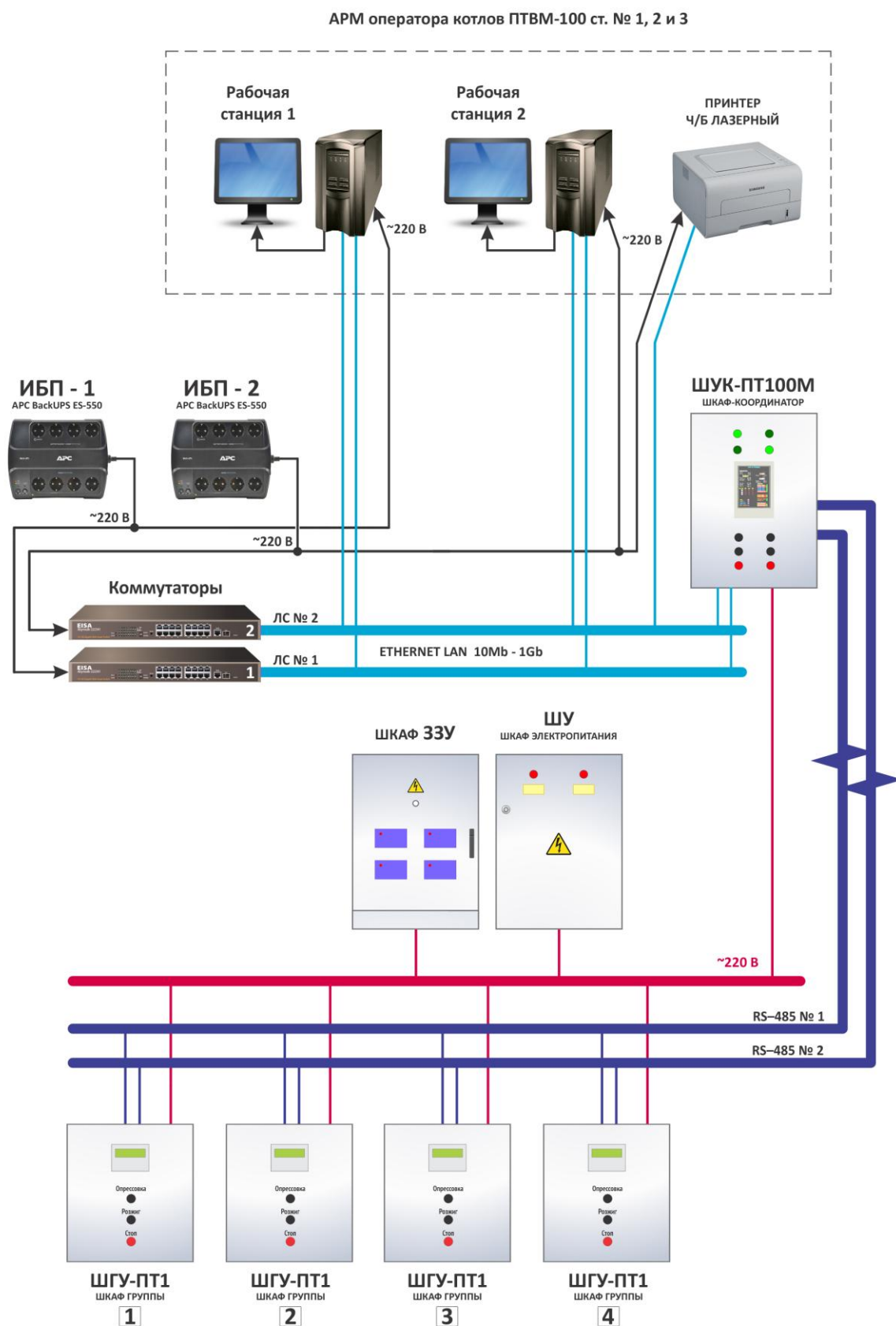


Рис. 2 Структурная схема ПТК «АМАКС»

### 1.1.2 Верхний уровень ПТК «АМАКС»

Верхний уровень ПТК «АМАКС» состоит из автоматизированного рабочего места оператора-машиниста и сетевых средств (коммутаторы). Автоматизированное рабочее место оператора (АРМ) представляет собой две рабочих станции оснащённых функциональной клавиатурой соединённых по дублированной сети Ethernet с нижним уровнем ПТК. Рабочие станции оснащены программным обеспечением SCADA EISA.

SCADA EISA является системой, которая работает в реальном времени и позволяет оператору, используя входящие в систему аппаратные и программные средства, обеспечивать автоматизированное управление, надёжную и экономичную работу технологического оборудования.

Структурная схема системы приведена на рис.3

Состав и структура системы управления (нижний уровень) зависят от типа, назначения и особенностей технологического оборудования и требований заказчика.

Верхний уровень представляет собой две или более рабочих станции, объединённых локальной сетью, с возможностью резервирования магистрали. Так же, эта сеть может быть использована для соединения SCADA EISA с другой АСУ ТП объекта.

SCADA EISA подключается к системе управления (контроллерам) с помощью преобразователей интерфейса RS-485<—>USB **CP6440** или по локальной сети. Обмен информацией и командами управления между контроллером и системой EISA осуществляется либо с помощью фирменного протокола обмена, либо, если имеется поддержка на нижнем уровне, по протоколу Modbus TCP/IP.

*Рабочая станция 1* и *Рабочая станция 2* (рис. 2), обслуживающие технологический процесс являются равнозначными. Дублирование компьютеров определяется требованиями надёжности системы. В данном случае, отказ одного из компьютеров не приводит к потере работоспособности

всей системы, поскольку работа может быть продолжена со второй станции. Кроме того, на двух компьютерах можно одновременно просматривать разные мнемосхемы и выполнять различные операции по управлению оборудованием.

Каждая рабочая станция комплектуется специальной функциональной программируемой клавиатурой для упрощения работы оперативного персонала с системой.

Требования к компьютерам для SCADA EISA:

Intel Core i3, 2 GB ОЗУ, HDD SATA 500GB, USB оптическая мышь и стандартная клавиатура. Монитор LCD 24" (1980x1080) мультимедийный со встроенными звуковыми колонками. Источник бесперебойного питания UPS 700 VA Back ES APC USB.

SCADA EISA функционирует в операционной системе Windows 7.

Если в информационно–управляющей системе верхнего уровня используется более одного компьютера, все используемые компьютеры необходимо связать в локальную сеть через сетевой коммутатор Fast Ethernet Switch 10/100/1000 Mbps Base–TX.

В рабочем режиме SCADA EISA управляется с функциональной клавиатуры. Возможна замена манипулятора мышь офисного исполнения на другие манипуляторы промышленного исполнения (мышь, трекбол).

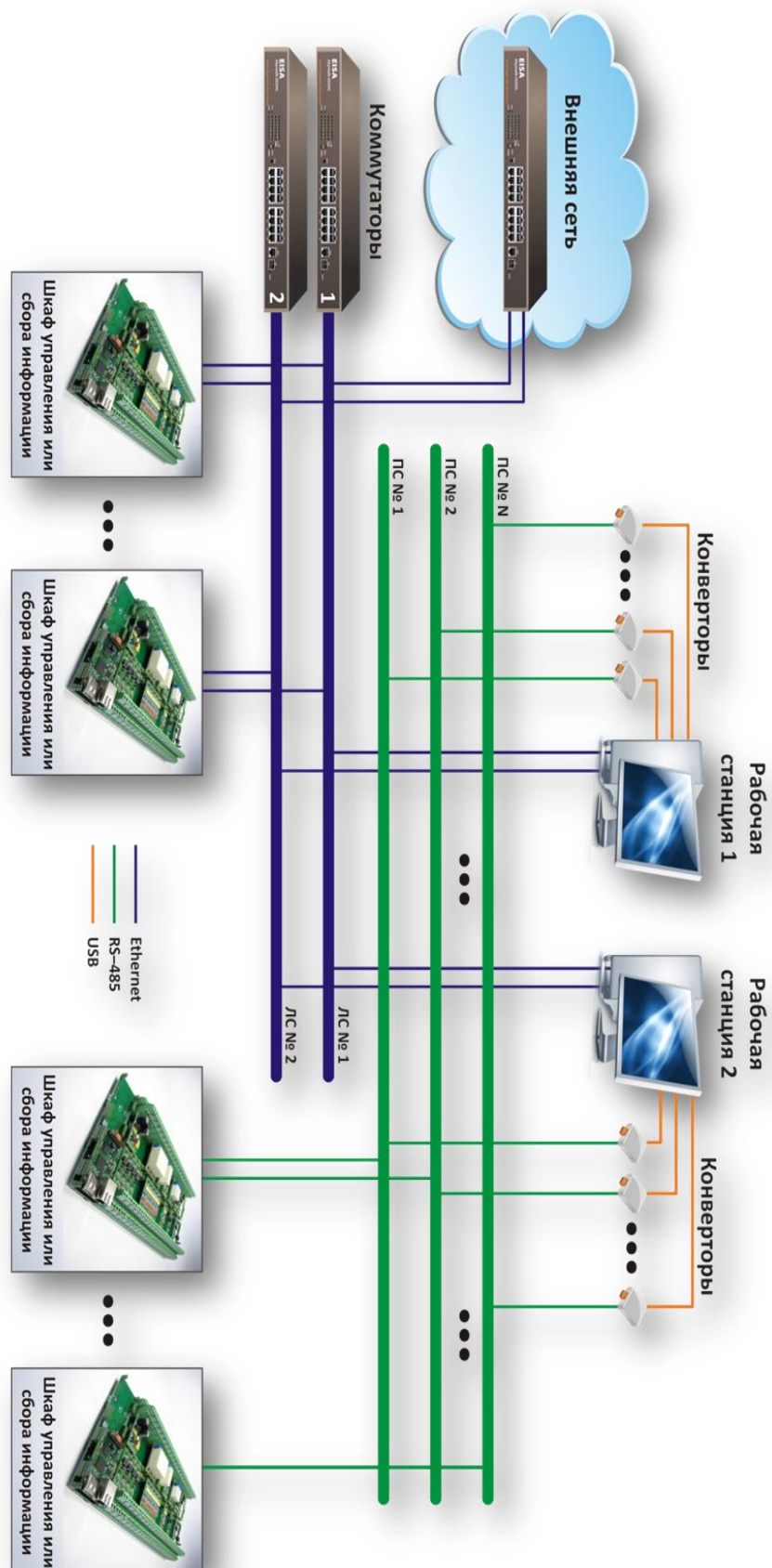


Рис.3 Структурная схема SCADA EISA.

## **1.2 СПД для верхнего уровня ПТК «АМАКС».**

### **1.2.1 Общие сведения об СПД для ПТК .**

Сеть передачи данных (СПД) - совокупность оконечных устройств (терминалов) связи, объединённых каналами передачи данных и коммутирующими устройствами (узлами сети), обеспечивающими обмен сообщениями между всеми оконечными устройствами. Сети, находящиеся в территориально ограниченном пространстве называют локальными вычислительными сетями (ЛВС).

На аппаратном уровне локальная вычислительная сеть - совокупность компьютеров и других средств вычислительной техники (активного сетевого оборудования, принтеров, сканеров и т.п.), объединенных с помощью кабелей и сетевых адаптеров и работающих под управлением сетевой операционной системы. Каждое устройство в сети оснащается сетевым адаптером, адаптеры соединяются с помощью специальных кабелей и тем самым связывают оборудование в единую сеть. Компьютер, подключенный к вычислительной сети, называется рабочей станцией или сервером, в зависимости от выполняемых им функций. Эффективно использовать ресурсы ЛВС позволяет применение технологии "клиент-сервер".

“Клиент-сервер” - это модель взаимодействия компьютеров в сети. Как правило, компьютеры не являются равноправными. Каждый из них имеет свое, отличное от других, назначение, играет свою роль. Некоторые компьютеры в сети владеют и распоряжаются информационно-вычислительными ресурсами, такими как процессоры, файловая система, почтовая служба, служба печати, база данных. Другие компьютеры имеют возможность обращаться к этим ресурсам, пользуясь услугами первых. Компьютер, управляющий тем или иным ресурсом, принято называть сервером этого ресурса, а компьютер, желающий им пользоваться, - клиентом. Конкретный сервер определяется видом ресурса, которым он владеет. Если ресурсом являются базы данных, то речь идет о

сервере баз данных, который обслуживает запросы клиентов, связанные с обработкой данных.

В сети один и тот же компьютер может выполнять роль как клиента, так и сервера. Этот же принцип распространяется и на взаимодействие программ. Если одна из них выполняет некоторые функции, предоставляя другим соответствующий набор услуг, то такая программа выступает в качестве сервера. Программы, которые пользуются этими услугами, принято называть клиентами.

СПД для верхнего уровня современной АСУ ТП в большинстве случаев представляют собой локальную вычислительную сеть, построенную с использованием стандарта Ethernet (IEEE 802.3) или его вариаций. Такая сеть должна удовлетворять системным требованиям поставляемого программного обеспечения в части совместимости поддерживаемых сетевых протоколов и обеспечивать бесперебойную связь SCADA с нижним уровнем АСУ ТП. При выборе базового программного обеспечения для операторских станций также следует учитывать системные требования конкретной АСУ ТП. Так, например, ПТК «Квинт 5», разработанный в НИИ «Теплоприбор», обеспечивает связь своей SCADA с контроллерами по протоколу netbeui, что делает невозможным его использование на рабочих станциях под управлением шестидесятичетырехбитных операционных систем семейства Windows.

Поскольку от работоспособности СПД для верхнего уровня ПТК на ТЭЦ зависит производственный процесс, к ним применяются повышенные требования в плане отказоустойчивости. Большинство из них сформулированы в РД 153-34.1-35.127-2002 (общие технические требования к программно-техническим комплексам для АСУ ТП тепловых электростанций).

Отказоустойчивость сетей достигается за счёт дублирования сети и её узлов, применения устойчивой к промышленным условиям аппаратной части, системой резервного копирования.



### **1.2.2 СПД для ПТК «АМАКС».**

Практическая реализация ПТК «АМАКС» на водогрейной котельной №1 ТЭЦ АО «Уралвагонзавод», начавшаяся в 2016 году как часть работ по реконструкции газооборудования котлов ПТВМ-100 по предписанию Ростехнадзора, предполагает создание трёх идентичных программно-технических комплексов производства ЗАО НПО «АМАКС» созданных по одному проекту. Проект предполагает создание в верхнем уровне ПТК единственного автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора состоящего из двух рабочих станций с установленной на них системой SCADA EISA и принтера (см. рис. 2).

В ПТК «АМАКС» для связи АРМ с контроллерами используется дублированный Ethernet. ПТК разработан таким образом, чтобы обеспечить устойчивость к любым единичным отказам.

### **1.2.3 Выводы.**

Как несложно заметить, после полной реализации проекта каждый котёл получит изолированную от остальных котлов систему управления и сеть, что представляется неразумным. Шесть коммутаторов, три принтера и кабель до каждого узла являются явно избыточными. В то время как отсутствие станции единого времени для всех трёх АРМ и единого хранилища для баз данных и резервных копий представляется серьёзным недостатком. Также к недостаткам можно отнести отсутствие отдельной рабочей станции с дополнительными привилегиями в SCADA и обычной клавиатурой для начальника смены либо дежурного инженера. Если для ПТК одного водогрейного котла ввиду его малой функциональности это будет неоправданной тратой, то для щита управления из трёх АРМ подобная станция совершенно необходима для удобства составления отчетов, графиков и внесения изменений в базы данных.

В целях экономии аппаратных средств и лучшей организации управления верхним уровнем АСУ ТП представляется разумным объединение всех АРМ в единую сеть с выделением дополнительной рабочей станции для начальника смены и сервера.

### **1.3 Техническое задание.**

#### **1. Общие сведения.**

СПД для верхнего уровня ПТК «АМАКС» водогрейных котлов ПТВМ-100 №1,2,3 водогрейной котельной ТЭЦ АО «Уралвагонзавод». Разрабатывается как рацпредложение.

#### **2. Назначение и цели создания системы.**

Единая СПД верхнего уровня для ПТК «АМАКС» создаётся в целях оптимизации управления ПТК, экономии средств и устранения недостатков проекта реконструкции водогрейных котлов ПТВМ-100.

#### **3. Характеристики объекта.**

- Верхний уровень ПТК «АМАКС» состоит из АРМ оператора, сетевых средств (коммутаторов) и программного обеспечения (SCADA EISA).
- Физически находится на щите управления водогрейными котлами.
- Имеет связь с нижним уровнем ПТК «АМАКС» посредством ЛВС.
- Всего в проекте три единицы ПТК, по одной на каждый из котлов подлежащий реконструкции.

#### **4. Требования к системе.**

##### **1) Требования к системе в целом:**

- Состав технических средств СПД должен выбираться исходя из требований их совместимости, функциональной полноты (для возлагаемых на систему задач) при минимально необходимой номенклатуре;
- СПД должна строиться по модульному принципу и обеспечивать высокий уровень ремонтпригодности, а также простоту комплектации, поэтапного наращивания и модификации

- Программно-технические средства системы должны устанавливаться в местах, обеспечивающих:
  - допустимые условия эксплуатации;
  - отсутствие механических воздействий;
  - отсутствие агрессивных сред;
  - возможность обслуживания аппаратуры (проверка, диагностика неисправностей, ремонт аппаратуры и т.п.).

2) Требования к функциям, выполняемым системой:

- СПД верхнего уровня для ПТК должна обеспечивать взаимодействие персонала с системой управления оборудованием котла.
- СПД верхнего уровня для ПТК должна включать в свой состав:
  - автоматизированное рабочее место машиниста котла (АРМ машиниста котла), в состав которого входит две станции управления с функциональными клавиатурами, предназначенными для управления газовым оборудованием двух котлов ПТВМ-100 (для каждого из трёх котлов);
  - автоматизированное рабочее место начальника смены, в состав которого входит одна рабочая станция со стандартной клавиатурой и принтером;
  - сервер;
  - оборудование для связи с ЛВС.
- АРМ машиниста котла должно обеспечивать выполнение следующих функций:

- все необходимые операции для автоматического и дистанционного управления газовым оборудованием котла;
- просмотр архивной и регистрируемой информации;
- вывод информации на печать;
- АРМ начальника смены должно обеспечивать выполнение следующих функций:
  - все необходимые операции для автоматического и дистанционного управления газовым оборудованием любого из котлов;
  - просмотр архивной и регистрируемой информации любого из котлов;
  - внесение изменений в базу данных любого из котлов;
  - работа с офисными приложениями;
  - вывод информации на печать;
- сервер должен обеспечивать выполнение следующих функций:
  - хранение баз данных и резервных копий;
  - обеспечение работоспособности ЛВС;
  - сервер реального времени.

### 3) Требования к стандартизации и унификации:

- СПД должна выполняться на основе унифицированных технических, информационных и программных средств;
- В качестве аппаратных средств для АСУТП должны использоваться серийно выпускаемые устройства и технические средства;
- Составные функциональные части СПД должны связываться между собой через магистральные и радиальные кодовые

связи с использованием стандартных интерфейсов и протоколов сети.

4) Требования по программному обеспечению:

- Программное обеспечение (ПО) системы должно строиться как децентрализованный программный комплекс, в котором программы и данные распределены между различными уровнями управления. При этом ПО должно позволять автономное функционирование отдельных контроллеров и рабочих станций.
- Программное обеспечение АРМ машиниста должно подразделяться на базовое и специальное.
- Базовое ПО должно содержать операционную систему, общесистемное программное обеспечение, инструментальные программные средства

- Специальное ПО (пользовательское ПО) должно обеспечивать реализацию полного объема возлагаемых на ПТК функций по контролю и управлению, в том числе:
  - программирование назначения команд за клавишами функциональной клавиатуры;
  - взаимный контроль работы компьютеров управления и синхронизацию их архивной информации;
  - возможность вывода текущей и архивной информации в локальную сеть станционного уровня по стандартному протоколу.
- Должны быть выполнены следующие требования к базовому и прикладному ПО:
  - ПО должно иметь несколько уровней доступа к информации для возможности просмотра и корректировки;
  - вход в систему должен быть разрешен только после ввода пароля;
  - ПО инструментальной системы должно включать в себя программу защиты от компьютерных вирусов;
  - акустическая система.
- Должна быть обеспечена возможность подключения к компьютерам стандартной клавиатуры и возможность взаимодействия с системой через сочетания клавиш на стандартной клавиатуре.

#### 5) Требования к надёжности:

- При восстановлении работоспособности одного из компьютеров или информационной связи с ним, система должна автоматически восстанавливать свои полные функции;

- Технические средства и программное обеспечение должны иметь защиту от включения их в работу в неработоспособном состоянии;

6) Требования к безопасности:

- АСУ ТП должна быть построена таким образом, чтобы ошибочные действия оперативного персонала или отказы технических средств не приводили к ситуациям опасным для жизни, здоровья людей и сохранности оборудования;
- Оборудование СПД, требующее осмотра или обслуживания при работе котла, должна устанавливаться в местах, безопасных для пребывания персонала;
- При установке, монтаже, техническом обслуживании, ремонте и эксплуатации СПД должны выполняться «Правила устройств электроустановок» и требования Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ, утв. приказом Минэнерго России № 229 от 19.06.2003г.

7) Требования к электропитанию:

- Питание компонентов СПД должно обеспечиваться источниками бесперебойного питания (ИБП) с использованием аккумуляторных батарей;
- Питание компонентов верхнего уровня ПТК должно осуществляться напряжением 220 В переменного тока частотой 50 Гц через индивидуальные источники бесперебойного питания (ИБП) мощностью не менее 600 ВА со встроенными аккумуляторными батареями, обеспечивающими электроснабжение в течение 30 минут
- К источникам ИБП другие потребители подключаться не должны
- Отказы в питании должны сигнализироваться;



8) Требования по эргономике и технической эстетике:

- Аппаратура верхнего уровня ПТК (компьютеры, принтеры, клавиатура) должна компоноваться и размещаться в помещении щита управления ПВК. Данная аппаратура должна устанавливаться в рабочей зоне машинистов котлов и обеспечивать возможность их работы в положении сидя и стоя.
- Компоновка рабочих мест должна обеспечивать:
  - удобство и комфортность работы обслуживающего персонала
  - удобство выбора управления, возможность быстрого вмешательства персонала в управляемый технологический процесс;
- Должны быть предусмотрены защита от слепящего действия света и устранение бликов. Комфортные условия обитаемости персонала АСУ ТП должны соответствовать действующим санитарным нормам.

## **Глава 2. Практическая (оригинальная) часть**

### **2.1 Разработка проекта сети.**

#### **2.1.1 Исходные данные.**

СПД разворачивается в помещении главного щита управления (ГЩУ) водогрейной котельной №1 ТЭЦ АО «Уралвагонзавод». На момент начала работ по монтажу СПД, предполагается наличие в помещении рабочих АРМ оператора ПТК «АМАКС» в составе двух рабочих станций, принтера и сетевых средств с проложенным в кабельных каналах кабелем UTP категории 5е.

Для начала работ по разворачиванию единой СПД верхнего уровня достаточно одной рабочей АРМ. Подключение остальных возможно по мере их готовности.

#### **2.1.2 Архитектурная часть. Кабельные каналы.**

ГЩУ удовлетворяет всем условиям для создания СПД. Ввиду отсутствия отдельного помещения под серверную, серверную стойку приходится устанавливать прямо в помещении ГЩУ. Там же должно быть обустроено рабочее место начальника смены. Может понадобиться монтаж дополнительной сетевой розетки и кабельных каналов к серверной стойке и рабочей станции начальника смены. Планировку ГЩУ смотри в Приложении.

#### **2.1.3 Выбор и обоснование архитектуры сети.**

Имеющиеся в наличии аппаратные средства, поставляемые с ПТК «АМАКС», а также предполагаемые общим проектом АСУ ТП работы по прокладке кабеля определяют выбор архитектуры единой СПД верхнего уровня заранее. Из всех известных топологий сети в данном случае наиболее удовлетворяющей заданным в ТЗ условиям и имеющимся в наличии средствам будет топология типа «звезда».

Благодаря выбору этой топологии можно максимально упростить процедуру создания единой сети. На физическом уровне она сведётся к выбору пары коммутаторов от одного из действующих АРМ оператора в качестве единственной, и подключению к ней остальных АРМ, оборудования нижнего уровня ПТК остальных котлов, и вновь создаваемых станции начальника смены и сервера.

На программном уровне для обеспечения выполнения требований ТЗ в части функциональности и ПО удобно создать домен с контроллером домена, расположенным на сервере. Там же, на сервере, для дополнительного удобства дальнейшего обслуживания стоит развернуть сервер DNS.

Таким образом, будет создана дублированная ЛВС, абонентами которой будут являться все АРМ участвующие в АСУ ТП.

Для связи с нижним уровнем (контроллерами) ПТК, не включённом во вновь создаваемый домен будут использоваться исключительно средства SCADA EISA.

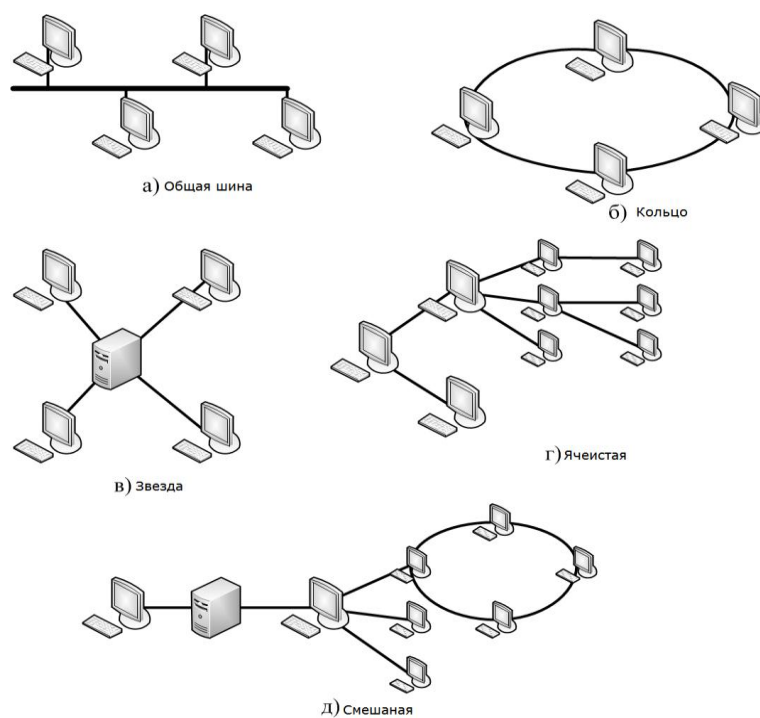


Рис. 4 – Топологии компьютерных сетей

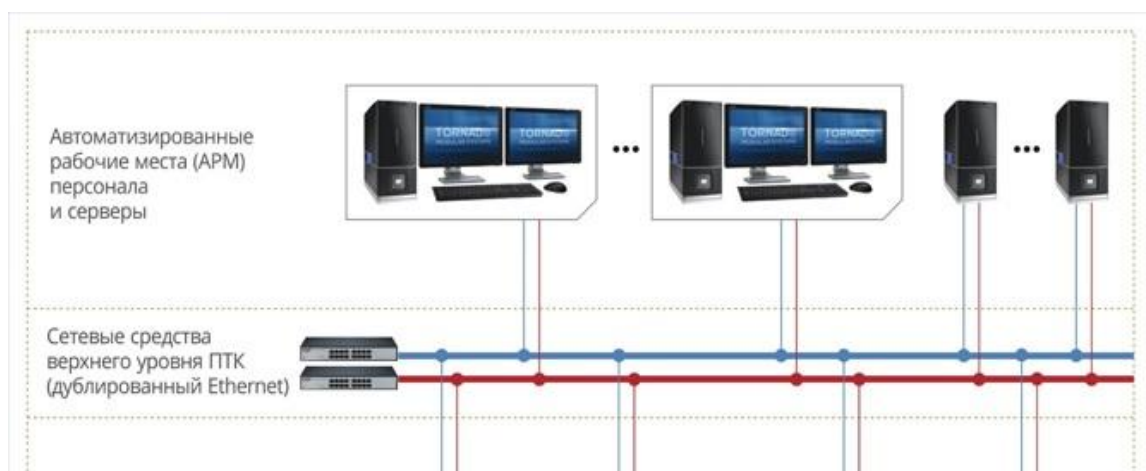


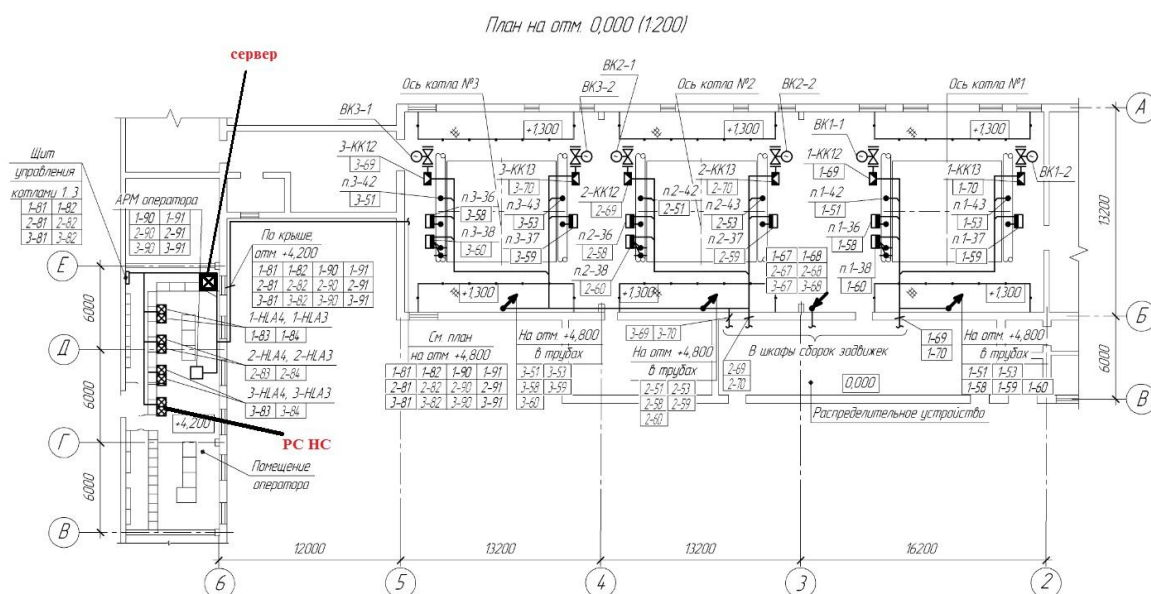
Рис.5 – примерная схема СПД.

## 2.1.4 Выбор оборудования.

В целях унификации и упрощения для последующих обслуживания и ремонта в качестве рабочей станции начальника смены можно выбрать компьютер в той же конфигурации, что и рабочие станции из состава АРМ оператора, за исключением того, что в ней будет использована обычная клавиатура вместо функциональной.

Ввиду отсутствия резервного сервера, в качестве сервера предпочтительно использовать отказоустойчивую модель промышленного сервера.

Также понадобятся: серверная стойка, некоторое количество кабеля, сетевые розетки, коннекторы, и ИБП.



*Таблица 1 – Компоненты серверного компьютера*

Платформа	2 U, 8 * 3, HDD, 2 * 750 Вт
Процессор	Intel Xeon E5-2603, 2 ГГц
Память	16384 MB Kingston, DDR3-1333
Жесткий диск	2*HDD SATA 3,5 1TB;
SSD накопители	SATA 2,5 Intel 710 100 GB
Блок питания	Два блока питания 750 Вт с горячей заменой
Общая стоимость сервера: 97 780 руб	

*Таблица 2 – Компоненты PC HC*

Системный блок	ASUS CP6230 RUCH19	21000
Монитор	Acer Professional V223 HQVbdc	4440
Мышь	Logitech Wireless M325 S	840
Клавиатура	Rapoo E9070 Black	1340
Итого: 27670		

*Таблица 3 – Стоимость аппаратных средств*

Витая пара 5й категории (1 бухта)	1950
Коннектор RJ-45 (50 шт)	180
Патч-корд (16)	1200
Кабель-канал (35 м)	14000
Комплектующие элементы для кабель-канала	1080
Патч-панель 19", 24 порта RJ-45, категория 5Е	1460
Кабельные стяжки	100
Маркеры	530
ИБП	45 550
Телекоммутационная стойка	6670
Серверный компьютер	97780
Клиентский компьютер (РС НС)	27670
Итого: 150500	

### 2.1.5 Программное обеспечение.

Все рабочие станции АРМ согласно проекту укомплектованы операционной системой Microsoft Windows 7 и пакетом программ SCADA EISA. Для сервера уместно использование специализированной Windows Server 2008. Для станции начальника смены – также Windows Server 2008 для возможности создания резервного контроллера домена. Обе машины должны быть оснащены SCADA EISA (ключ берётся из ЗИП).

Кроме того все рабочие станции должны получить пакет офисных программ MS Office 2007 и антивирус. Дополнительное ПО устанавливается в ходе эксплуатации по мере необходимости.

*Таблица 4 – Стоимость программных средств*

ОС Windows Server 2008 (2 шт.)	17500
MS Office 2007 (8 шт.)	12000
Антивирус Касперского 2011 (8 шт.)	8000
Итого: 37500	



## **2.2 Этапы установки сети.**

### **2.2.1 Монтаж.**

Монтаж СПД представляет из себя тривиальную задачу по установке серверной стойки, помещению в неё сервера, сетевых средств и ИБП, прокладке дополнительных участков кабеля, и организации нового рабочего места начальника смены. После этого производится первичная настройка оборудования (создание массивов RAID, настройка BIOS).

### **2.2.2 Установка и настройка базового ПО.**

Производится установка операционной системы Windows Server 2008 на сервер и рабочую станцию начальника смены. Создаётся домен, на контролере домена разворачивается DNS-сервер, подключаются абоненты сети, создаются учетные записи пользователей, создаётся резервный контроллер домена.

### **2.2.3 Установка и настройка специализированного ПО.**

При помощи ключей из ЗИП на сервер и рабочую станцию начальника смены устанавливается SCADA EISA. Базы данных АСУ ТП переносятся на сервер. Сервер и рабочая станция начальника смены добавляются во все три базы данных. Начальник смены добавляется в список пользователей EISA с привилегированным доступом.

Сетевой Интерфейс	Параметр	Рабочая станция № 1	Рабочая станция № 2
Сетевая карта 1	<b>IP-адрес</b>	192.168.0.121	192.168.0.122
	<b>Маска</b>	255.255.255.0	255.255.255.0
	<b>Тип подключения</b>	1 Gbps, Full duplex	1 Gbps, Full duplex
	<b>Шлюз</b>	—	—
Сетевая карта 2	<b>IP-адрес</b>	192.168.1.121	192.168.1.122
	<b>Маска</b>	255.255.255.0	255.255.255.0
	<b>Тип подключения</b>	1 Gbps, Full duplex	1 Gbps, Full duplex
	<b>Шлюз</b>	—	—

*Рис.7 - настройки подключения сетевых интерфейсов рабочих станций  
АРМ*

#### **2.2.4. Установка дополнительного ПО и периферии.**

Дополнительно на все станции производится установка MS Office 2007, антивируса и, по возможности, системы резервного копирования диска Acronis. Принтер подключается к РС начальника смены.

## **2.3 Электробезопасность и охрана труда.**

### **2.3.1 Требования безопасности перед началом работы:**

Перед началом работы следует убедиться в исправности электропроводки, выключателей, штепсельных розеток, при помощи которых оборудование включается в сеть, наличии заземления компьютера, его работоспособности.

### **2.3.2 Требования безопасности во время работы:**

Для снижения или предотвращения влияния опасных и вредных факторов необходимо соблюдать Санитарные правила и нормы, гигиенические требования к видео дисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы (Утверждено Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 14 июля 1996 г. N 14 СанПиН 2.2.2.542-96).

Во избежание повреждения изоляции проводов и возникновения коротких замыканий не разрешается: вешать что-либо на провода, закрашивать и белить шнуры и провода, закладывать провода и шнуры за газовые и водопроводные трубы, за батареи отопительной системы, выдергивать штепсельную вилку из розетки за шнур, усилие должно быть приложено к корпусу вилки.

Для исключения поражения электрическим током запрещается: включать и выключать компьютер без необходимости, прикасаться к экрану и к тыльной стороне блоков компьютера, работать на СВТ и периферийном оборудовании мокрыми руками, работать на средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании, имеющих нарушения целостности корпуса, нарушения изоляции проводов, неисправную индикацию включения питания, с

признаками электрического напряжения на корпусе, класть на средства вычислительной техники и периферийном оборудовании посторонние предметы.

Запрещается под напряжением очищать от пыли и загрязнения электрооборудование.

Запрещается проверять работоспособность электрооборудования в непригодных для эксплуатации помещениях с токопроводящими полами, сырых, не позволяющих заземлить доступные металлические части.

Недопустимо под напряжением проводить ремонт средств вычислительной техники и периферийного оборудования. Ремонт электроаппаратуры производится только специалистами-техниками с соблюдением необходимых технических требований.

Во избежание поражения электрическим током, при пользовании электроприборами нельзя касаться одновременно каких-либо трубопроводов, батарей отопления, металлических конструкций, соединенных с землей.

При пользовании электроэнергией в сырых помещениях соблюдать особую осторожность.

### **2.3.3 Требования безопасности в аварийных ситуациях.**

При обнаружении неисправности немедленно обесточить электрооборудование, оповестить администрацию. Продолжение работы возможно только после устранения неисправности.

При обнаружении оборвавшегося провода необходимо немедленно сообщить об этом администрации, принять меры по исключению контакта с ним людей. Прикосновение к проводу опасно для жизни.

Во всех случаях поражения человека электрическим током немедленно вызывают врача. До прибытия врача нужно, не теряя времени, приступить к оказанию первой помощи пострадавшему.

### **2.3.4 Техническое обслуживание.**

Техническое обслуживание электрооборудования системы автоматического управления горелками должно производиться с соблюдением требований действующих “Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей” (ПТЭ), “Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей” (ПТБ), “Правил устройства электроустановок” (ПУЭ), “Правил безопасности в газовом хозяйстве”.

В целях обеспечения правильной эксплуатации системы, обслуживающий персонал должен пройти производственное обучение. В процессе обучения персонал должен быть ознакомлен с назначением, работой и устройством системы, проектной документацией, с порядком подготовки системы к работе.

При наладке системы в каждый процессорный модуль устанавливается прикладная программа. Программа для шкафа ШУК и ШГУ-ПТ1 различны. Запись программы производится при помощи стандартной карты памяти SD (установлена в процессорный модуль). Прикладная программа записывается сначала с компьютера в карту памяти (при помощи стандартного картридера), затем карта устанавливается в модуль процессора. При включении контроллера программа автоматически считывается с карты в процессорный модуль если в нем программы нет или если в карту записана новая программа, отличающаяся от присутствующей в управляющем процессоре. После первого включения (и ввода программы в управляющий процессор) допускается при необходимости изымать карту из гнезда, она больше не участвует в операциях. Если программа загружена, то наличие карты в модуле процессора не обязательно. Также имеется возможность прямой загрузки программы с компьютера через кабель Ethernet.

К загрузке или смене программы допускается только персонал, обученный выполнять эти операции.

### ***-ЕЖЕДНЕВНО***

Проверять правильность функционирования системы по показаниям средств измерения (по монитору щитового компьютера), отображающих протекание технологических процессов, по месту установки ШУК и ШГУ-ПТ1, контролировать состояние включенных шкафов по индикаторам "Контролер работает" на передних панелях шкафов.

### ***-РАЗ В ТРИ МЕСЯЦА***

Проверять надежность контактов клеммных соединений в СК, разъемов ПЗК, МЭО неработающих горелок.

### ***-ЕЖЕГОДНО***

Сдувать сухим и чистым сжатым воздухом пыль с клеммных соединений системы, плат печатного монтажа в шкафу ШУК, ШГУ-ПТ1 (если котел не в работе).

## **Заключение**

В данной работе был рассмотрен проект единой сети передачи данных верхнего уровня АСУ ТП «АМАКС» для водогрейных котлов ПТВМ-100. Показана возможность настройки, произведён расчёт затрат.

## Список информационных источников

1. Кузин А.В., Демин В.М. «Компьютерные сети» Учебное пособие - М.: ФОРУМ ИНФРА 2005.
2. Хабракен Д. «Компьютерные сети» пер. с англ. - М.: ДМК ПРЕСС 2004.
3. Ватаманюк А.И. «Домашняя и офисная сеть» - СПб: Питер 2005.
4. Колисниченко Д.Н. «Сделай сам компьютерную сеть» СПб: Наука и техника 2004.
5. Розенталь М. «Как собрать свою сеть» 3-е изд. СПб: БХВ-Петербург 2003.
6. Олифер В.Г., Олифер Н.А. «Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Учебник.» - Санкт-Петербург, Питер, 2001.
7. Щербо В.К. «Стандарты вычислительных сетей» - М.: Кудиц - Образ, 2000.
8. Михаил Гук «Аппаратные средства локальных сетей» Энциклопедия Питер, 2000.
9. Новиков Ю.В., Кондратенко С.В. «Локальные сети. Архитектура, алгоритмы, проектирование» - СПб: Питер 2005.
10. Таненбаум Э.С. «Компьютерные сети» - СПб: Питер 2014.
11. Плетнев Г.П «АСУ ТП ТЭС» - Москва: Энергоиздат 1981
12. Методическое пособие для студентов специальностей 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств»
13. ГОСТ Р МЭК 61508-1-2012 Функциональная безопасность систем программируемых электронных, связанных с безопасностью. Общие требования
14. ГОСТ Р МЭК 61508-2-2012 Функциональная безопасность систем программируемых электронных, связанных с безопасностью. Требования к системам.



15. ГОСТ Р МЭК 61508-3-2012 Функциональная безопасность систем программируемых электронных, связанных с безопасностью. Требования к программному обеспечению.
16. ГОСТ Р МЭК 61508-4-2012 Функциональная безопасность систем программируемых электронных, связанных с безопасностью. Термины и определения.
17. ГОСТ Р МЭК 61508-5-2012 Функциональная безопасность систем программируемых электронных, связанных с безопасностью. Рекомендации по применению методов определения уровней полноты.
18. ГОСТ Р МЭК 61508-6-2012 Функциональная безопасность систем программируемых электронных, связанных с безопасностью. Руководство по применению.
19. ГОСТ 34.602-89 Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы.
20. РД 153- 34-35.127-2002 Общие технические требования к ПТК АСУ ТП ТЭС.
21. СТО 70238424.27.100.010-2011 Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) ТЭС. Условия создания. Нормы и требования.

## Приложение 1.

